

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Juni 2002 (20.06.2002)

PCT

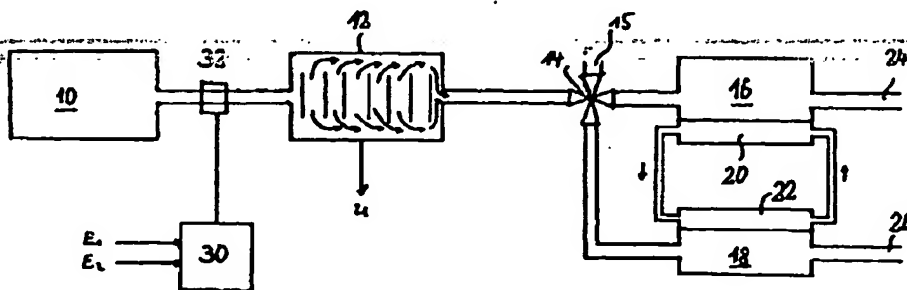
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/49131 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01M 8/00 (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TACHTLER, Joachim
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/13313 [DE/DE]; Amalienstrasse 17, 85737 Ismaning (DE); DR.
WETZEL, Franz-Josef [DE/DE]; Eibenweg 1A, 82216
(22) Internationales Anmeldedatum: 17. November 2001 (17.11.2001) Gerlinden (DE).
(74) Gemeinsamer Vertreter: BAYERISCHE MOTOREN
WERKE AKTIENGESELLSCHAFT; Patentabteilung
AJ-3; 80788 München (DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).
(30) Angaben zur Priorität: 100 62 965.2 16. Dezember 2000 (16.12.2000) DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): BAYERISCHE MOTOREN WERKE AK-
TIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Petenrhring 130,
80809 München (DE).
Veröffentlicht:
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM IN A VEHICLE WITH AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, AND METHOD FOR THE
OPERATION THEREOF

(54) Bezeichnung: BRENNSTOFFZELLENSYSTEM IN EINEM FAHRZEUG MIT EINEM VERBRENNUNGS-MOTOR UND
VERFAHREN ZU DESSEN BETRIEB



(57) Abstract: The invention relates to a fuel cell system in a vehicle with an internal combustion engine. The fuel cell system comprises: at least one fuel cell that can be operated with hydrogen or combustion gas that is produced in a reformer; an internal combustion engine, which is operated with the same or with another combustion gas, and; optionally comprises an auxiliary heating device. In order to increase the overall efficiency of the fuel cell system, the invention provides that an outlet of the fuel cell can be brought into flow connection with an inlet of the internal combustion engine or with an inlet of an auxiliary heating device in order to utilize the excess of combustion gas in the exhaust gas of the fuel cell. The fuel cell is, in particular, operated with a volume flow that ensures a maximum electric power output.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor umfassend zumindest eine mit Wasserstoff oder in einem Reformer erzeugtem Brenngas betreibbare Brennstoffzelle, einem mit dem gleichen oder einem anderen Brenngas betriebenen Verbrennungsmotor und optional einer Zusatzheizeinrichtung. Zur Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades des Brennstoffzellensystems wird vorgeschlagen, dass ein Ausgang der Brennstoffzelle mit einem Einlass des Verbrennungsmotors oder einem Einlass einer Zusatzheizeinrichtung in Strömungsverbindung bringbar ist, um den Überschuss des Brenngases im Abgas der Brennstoffzelle zu nutzen. Insbesondere wird die Brennstoffzelle mit einem Volumenstrom betrieben, der eine maximale elektrische Leistung gewährleistet.

WO 02/49131 A2



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.*

Brennstoffzellensystem in einem Fahrzeug mit einem Verbrennungsmotor und Verfahren zu dessen Betrieb

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem in einem Fahrzeug mit einem Verbrennungsmotor und ein Verfahren zu dessen Betrieb gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1, 3 bzw. 8.

Es ist bekannt, eine Brennstoffzelle zur Stromerzeugung in einem Fahrzeug einzusetzen. In einer speziellen Ausführungsform wird als Primär Antrieb des Fahrzeugs ein herkömmlicher Verbrennungsmotor verwendet, der durch die Verbrennung eines Brenngases über einen Kolben eine Kurbelwelle antreibt. Ferner wird zur motorunabhängigen Stromversorgung eine Brennstoffzelle zum Betrieb eines Bordnetzes eingesetzt. Die Brennstoffzelle wird beispielsweise mit Wasserstoff oder einem in einem Reformer erzeugten Brenngas betrieben.

Die maximale Leistung einer Brennstoffzelle ist von einem Brenngasvolumenstrom abhängig. Wird die Brennstoffzelle mit mehr Brenngas versorgt, als dies die elektrische Leistungsanforderung verlangt, so wird das

unverbrauchte Brenngas in der Regel an die Umgebung abgegeben. Die Kraftstoffausnutzung beträgt bei einer solchen Vorgehensweise, insbesondere bei Verwendung einer Reformierumwandlung, in der Regel weniger als 80 %.

Um auch mit einer Brennstoffzelle Lastsprünge wie bei einer Batterie sicherstellen zu können, muss ferner immer eine ausreichende Menge eines Reaktionsgases zur Verfügung stehen. Dies führt herkömmlicherweise dazu, dass in einem Pufferbehälter oder durch eine aufwendige Regelung, die Abgabe des Reaktionsgases an die Brennstoffzelle bestimmt wird. Es ist auch bekannt, einen höheren Volumenstrom als notwendig zur Verfügung zu stellen. Anderenfalls kann eine Anhebung der elektrischen Last nur entsprechend dem Lastwechselverhalten der Reaktandenversorgung erfolgen.

Bei einer plötzlichen Wegnahme der elektrischen Last geht dann jedoch - wie oben angegeben - Brenngas ungenutzt durch die Brennstoffzelle hindurch, bis der Volumenstrom mit einer entsprechenden Verzögerung auf die notwendige Menge reduziert werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Brennstoffzellensystem und ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Systems anzugeben, bei dem das zum Betreiben der Brennstoffzelle verwendete Brenngas nicht unnötig verschwendet und der Gesamtwirkungsgrad des Systems erhöht wird, jedoch immer eine ausreichende elektrische Leistung zur Verfügung steht.

Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen 1, 3 und 8 angegebenen Merkmale alternativ gelöst.

Ein Kerngedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, immer einen ausreichenden Kraftstoff-Volumenstrom für die Brennstoffzelle bereitzustellen.

len, so dass auch maximale elektrische Leistungsanforderungen erfüllt werden können. Um einen eventuell vorhandenen Überschuss eines Brenngases aus der Brennstoffzelle jedoch nicht an die Umgebung abgeben zu müssen, sondern weiter nutzen zu können, ist die Brennstoffzelle entsprechend den verschiedenen Ausführungsvarianten entweder mit dem Verbrennungsmotor und/oder einem Nachbrenner verbindbar. Das überschüssige Brenngas wird dann diesen nachgeschalteten Systemen zugeführt und darin verwertet.

Insgesamt wird die Brennstoffzelle beim Betrieb des Verbrennungsmotors im Wesentlichen mit einem relativ konstanten Volumenstrom des Brenngases betrieben. Dieser Volumenstrom sollte mittelfristig so ausgelegt sein, dass die maximale momentan oder zukünftig angeforderte elektrische Leistung erzeugbar ist. Wird der Überschuss an Brenngas dann im Verbrennungsmotor verwertet, so dient er dem zusätzlichen Antrieb des Fahrzeugs. Bei einer Verwertung des überschüssigen Brenngases in einem Zusatzheizgerät (Nachbrenner), kann beispielsweise das Kühlwasser für den Verbrennungsmotor vorgeheizt werden. Dies ermöglicht nicht nur geringere Reibungsverluste des Motors beim Start, sondern auch eine Standheizungsfunktion.

Bei abgestelltem Verbrennungsmotor richtet sich die Menge des Brenngases beispielsweise nach dem Hauptverbraucher, z. B. einer elektrischen Klimaanlage oder einer Beleuchtung.

Um die Strömung des überschüssigen Brenngases zum Verbrennungsmotor oder zu der Zusatzheizeinrichtung steuern zu können, ist in der entsprechenden Strömungsrichtung vorzugsweise ein steuerbares Ventil angeordnet. Sollte dieses Ventil auch bei einem Betrieb der Brennstoffzelle vollständig geschlossen werden müssen, so sollte man zudem eine Entlüftungsmöglichkeit an die Umgebung vorsehen.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform können die überschüssigen Brenngase wahlweise einer Zusatzheizeinrichtung und/oder dem Verbrennungsmotor, und zwar je nach Bedürfnissen zugeleitet werden. Entsprechende konstruktive Anordnungen sind dann vorzusehen.

Natürlich kann die Brennstoffzelle immer mit einem maximalen Volumenstrom betrieben werden. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird ein Volumenstrom jedoch betriebsabhängig eingestellt. Dabei wertet eine Steuereinrichtung zur Verfügung stehende Eingangssignale, beispielsweise die benötigte elektrische Leistung verschiedener Verbraucher aus, und wählt einen diesen Anforderungen genügenden Volumenstrom für das Brenngas. Neben dem aktuellen Leistungsverbrauch von aktiven elektrischen Vorrichtungen, wie Klimaanlage, Licht, Energieversorgung für Steuergeräte etc., oder einem abzusehenden zukünftigen Leistungsverbrauch solcher Einrichtungen, können auch noch andere Informationen wie zusätzliche Fahrzeugbetriebsdaten und/oder Umgebungsdaten der Steuereinrichtung als Eingangssignale zugeführt werden. Beispielsweise kann man bei tiefen Umgebungstemperaturen darauf schließen, dass eine Vorheizung eines Fahrzeugs notwendig ist. Andererseits kann man bei hohen Außentemperaturen darauf schließen, dass eine Klimaanlage eingeschaltet werden wird. Sollte überdies sogenannte Break-by-wire-Systeme verwendet werden, so muss zudem, beispielsweise bei hohen Geschwindigkeiten, darauf geachtet werden, dass immer eine ausreichende Betriebsleistung für die Bremsen zur Verfügung steht.

Eine einfache Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend anhand einer einzigen Zeichnung näher erläutert.

Die Zeichnung zeigt eine Brennstoffzelle 12, die Wasserstoff aus einem Wasserstofftank 10 erhält. In der Fluidverbindung zwischen dem Wasserstofftank 10 und der Brennstoffzelle 12 ist eine Volumenstromregeleinrichtung 32 (Ventil/Pumpe) angeordnet, die von einer Steuereinrichtung 30 beaufschlagt wird. Die Steuereinrichtung 30 erhält Eingangsinformationen E_1 , E_2 , aufgrund derer sie den Volumenstrom für eine maximal benötigte Leistung berechnet und über die Volumenstromregeleinrichtung 32 einstellt. Die Brennstoffzelle 12 erzeugt eine elektrische Energie U und stellt diese je nach Anforderung dem nicht näher dargestellten Bordnetz zur Verfügung. Wird nun ein größerer Volumenstrom durch die Brennstoffzelle 12 geschickt, als dies für die Erzeugung der elektrischen Leistung notwendig ist, so geht dieser über einen Brennstoffzellenauslaß an einen Verbrennungsmotor 16 oder einen Nachbrenner 18. Die Steuerung des Überschussbrenngases wird dabei von einer Ventileinrichtung 14 übernommen, welche je nach Anforderung das überschüssige Brenngas zum Verbrennungsmotor 16, dem Nachbrenner 18 oder, falls dies notwendig ist, an die Umgebung, (Auslass 15) abführt. Im Verbrennungsmotor 16 wird das überschüssige Brenngas dem übrigen Brenngas in geeigneter Weise beigemischt, wobei auf die Einzelheiten hier nicht näher eingegangen wird. Werden die überschüssigen Brenngase hingegen dem Nachbrenner 18 zugeführt, so wird damit über einen Wärmetauscher 22 das Kühlwasser im Kühlkreislauf 20 des Verbrennungsmotors 16 erwärmt. Die entstehenden Abgase aus dem Verbrennungsmotor 16 beziehungsweise dem Nachbrenner 18 werden über entsprechende Auslässe 24 und 26 an die Umgebung abgeführt. Wird Wasserstoff als Brenngas verwendet, so entsteht als Abgas nur Wasser.

Die vorliegende Erfindung gibt eine einfache Möglichkeit, eine Brennstoffzelle gesamtwirkungsgradmäßig optimal zu betreiben, ohne auf die Möglichkeit der Realisierung von Lastsprüngen bei der Stromversorgung in einem Fahrzeug verzichten zu müssen. Würde im Verbrennungsmotor

zudem ein anderes Brenngas als Wasserstoff verwendet werden, so könnte durch die Vorheizung auch die Kaltstartemission verbessert werden. Zudem könnte auch ein Abgaskatalysator geheizt werden, was sich ebenfalls positiv auf das Emissionsverhalten im Kaltstartbereich auswirkt. Überdies steht durch die Nutzung des Brenngases zur Erwärmung des Kühlwassers eine Standheizung zur Verfügung, und der Motor kann mit geringen Reibungsverlusten beim Start betrieben werden. Das System benötigt darüber hinaus ~~keine übermäßig aufwendige Regelung und weniger Bauteile, was sich~~ insgesamt positiv auf die Kosten, das Bauvolumen und das Gesamtgewicht des Systems auswirkt.

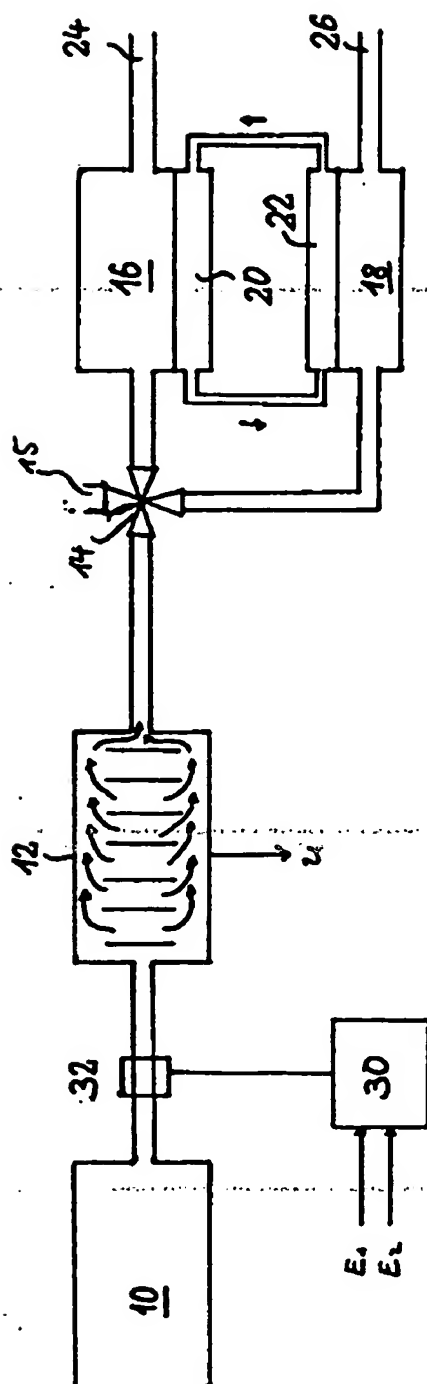
**Brennstoffzellensystem in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor und Verfahren
zu dessen Betrieb**

Patentansprüche:

1. Brennstoffzellensystem in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor umfassend zumindest eine mit Wasserstoff oder in einem Reformer erzeugtem Brenngas betreibbare Brennstoffzelle (12) und einem mit dem gleichen oder einem anderen Brenngas betriebenen Verbrennungsmotor (16),
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Ausgang der Brennstoffzelle (12) mit einem Einlaß des Verbrennungsmotors (16) in Strömungsverbindung bringbar ist, um das Abgas aus der Brennstoffzelle in den Brennraum des Verbrennungsmotors einzuleiten.
2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der Strömungsverbindung zwischen der Brennstoffzelle (12) und dem Verbrennungsmotor (16) ein steuerbares Ventilelement (14) angeordnet ist.

3. Brennstoffzellensystem in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor umfassend zumindest eine mit Wasserstoff oder in einem Reformer erzeugtem Brenngas betreibbare Brennstoffzelle (12), einem mit dem gleichen oder einem anderen Brenngas betriebenen Verbrennungsmotor (16) sowie einer mit einem Brenngas betreibbaren Zusatzheizeinrichtung (18),
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Ausgang der Brennstoffzelle (12) mit einem Einlaß der Zusatzheizeinrichtung (18) in Verbindung bringbar ist, um das Abgas aus der Brennstoffzelle (12) in den Brennraum des Zusatzheizgerätes (18) einzuleiten.
4. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zusatzheizeinrichtung (18) zur Heizung des Kühlwasser des Verbrennungsmotors (16) dient.
5. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Ausgang der Brennstoffzelle (12) zusätzlich mit einem Einlaß des Verbrennungsmotors (16) in Verbindung bringbar ist, um das Abgas aus der Brennstoffzelle (12) wahlweise auch in den Brennraum des Verbrennungsmotors (16) einleiten zu können.
6. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 3 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der Strömungsverbindung zwischen der Brennstoffzelle (12) einerseits und dem Verbrennungsmotor (16) und dem Zusatzheizgerät (18) andererseits ein steuerbares Ventilelement (14) angeordnet ist, welches den Abgasstrom von der Brennstoffzelle (12) zum Verbrennungsmotor (16) und/oder zum Zusatzheizgerät (18) bestimmt.

7. Brennstoffzelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinrichtung (30) vorgesehen ist, die Eingänge für Eingangssignale (E1, E2) umfaßt, aufgrund welcher der Volumenstrom zum Betrieb der Brennstoffzelle (12) bestimmbar ist, dass die Steuereinrichtung (30) ausgebildet ist, um aus den Eingangssignalen (E1, E2) eine maximal benötigte Leistung zu bestimmen und dass die Steuereinrichtung (30) eine in einer Zufuhrleitung zur Brennstoffzelle angeordnete Regeleinrichtung (32) zur Versorgung der Brennstoffzelle mit dem bestimmten Volumenstrom beaufschlagt.
8. Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuereinrichtung (30) Informationen von aktiven oder zu aktivierenden elektrischen Verbrauchern (E1, E2) zugeführt werden, dass aus diesen Informationen eine maximale, zur Verfügung zu stellende elektrische Leistung bestimmt wird und dass die Steuereinrichtung der Brennstoffzelle einen Volumenstrom zur Verfügung stellt, um die maximale elektrische Leistung erzeugen zu können.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuereinrichtung die Information von einem elektrischen Hauptverbraucher zugeführt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuereinrichtung zusätzlich Fahrzeugbetriebsdaten und/oder Umgebungsdaten zugeführt werden.



PUB-NO: WO000249131A2

DOCUMENT-IDENTIFIER: WO 249131 A2

TITLE: FUEL CELL SYSTEM IN A
VEHICLE WITH AN INTERNAL
COMBUSTION ENGINE, AND METHOD
FOR THE OPERATION THEREOF

PUBN-DATE: June 20, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

TACHTLER, JOACHIM

DE

DR, WETZEL FRANZ-JOSEF

DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

BAYERISCHE MOTOREN-WERKE AG

DE

TACHTLER JOACHIM

DE

DR WETZEL FRANZ-JOSEF

DE

APPL-NO: EP00113313

APPL-DATE: November 17, 2001

PRIORITY-DATA: DE10062965A (December 16, 2000)

INT-CL (IPC): H01M008/00

ABSTRACT:

CHG DATE=20020802 STATUS=O>The invention relates to a fuel cell system in a vehicle with an internal combustion engine. The fuel cell system comprises: at least one fuel cell that can be operated with hydrogen or combustion gas that is produced in a reformer; an internal combustion engine, which is operated with the same or with another combustion gas, and; optionally comprises an auxiliary heating device. In order to increase the overall efficiency of the fuel cell system, the invention provides that an outlet of the fuel cell can be brought into flow connection with an inlet of the internal combustion engine or with an inlet of an auxiliary heating device in order to utilize the excess of combustion gas in the exhaust gas of the fuel cell.

The fuel cell is, in particular, operated with a volume flow that ensures a maximum electric power output.